

10/529 907

CT/JP2004/009283

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

24. 6. 2004

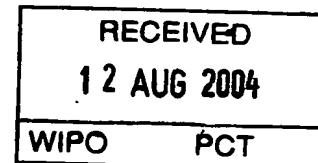
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 6月24日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-179587
[ST. 10/C]: [JP2003-179587]

出 願 人
Applicant(s): キヤノン株式会社

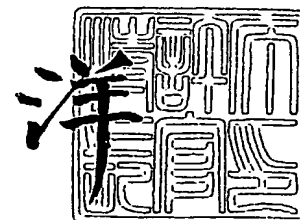


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特2004-3066934

【書類名】 特許願

【整理番号】 255134

【提出日】 平成15年 6月24日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
G03F 7/20
G03F 1/14

【発明の名称】 近接場露光方法、及び近接場露光マスク

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 黒田 亮

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 山田 朋宏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キヤノン株式会社内

【氏名】 水谷 夏彦

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100105289

【弁理士】

【氏名又は名称】 長尾 達也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038379

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703875

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 近接場露光方法、及び近接場露光マスク

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 開口が隣接して形成されている金属遮光膜の第一の面を、被露光物に対して近接場領域以下の距離まで近づけ、該金属遮光膜の第二の面側から露光のための光を照射して、露光を行う近接場露光方法において、

前記隣接する開口同士の間隔が露光のために照射される光の波長以下であって、

前記隣接する開口のそれぞれを通して、前記第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波同士の干渉により、前記第一の面側近傍における前記隣接する開口間の略中間の位置に生じる光強度が略 0 の部分を利用して、露光を行うことを特徴とする近接場露光方法。

【請求項 2】 前記光強度が略 0 の部分を利用して行う露光が、該光強度が略 0 の部分と、前記第一の面側近傍であって前記開口近傍における光強度が有限値を持つ部分との、コントラストの違いに応じた光潜像を前記被露光物中に形成することによって行われることを特徴とする請求項 1 に記載の近接場露光方法。

【請求項 3】 前記光強度が略 0 の部分を利用して行う露光が、前記第一の面側の前記開口の端部において、前記隣接する開口のそれぞれを通して、前記第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減させるようにして行われることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の近接場露光方法。

【請求項 4】 前記被露光物の厚さは、その大きさが前記第一の面の法線方向の位置に対して、前記第一の面と被露光物の境界面側の近傍における前記隣接する開口間の略中間の位置に生じる光強度においてその強度が最大となる位置と、前記第一の面と被露光物の境界面との距離の大きさよりも、小さい厚さとされていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の近接場露光方法。

【請求項 5】 開口が隣接して形成されている金属遮光膜の第一の面を、被露光物に対して近接場領域以下の距離まで近づけ、該金属遮光膜の第二の面側から該光を照射し、露光を行う際に用いる近接場露光マスクであって、

前記隣接する開口同士の間隔が露光のために照射される光の波長以下であり、

前記金属遮光膜は、前記第一の面側の前記開口の端部において、前記隣接する開口のそれぞれを通して、前記第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減させる開口を通して該第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減するようにした構造を有していることを特徴とする近接場露光マスク。

【請求項 6】 前記第一の面側の前記開口の端部が、曲面形状に構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の近接場露光マスク。

【請求項 7】 前記金属遮光膜は、その表面の凹凸の大きさが少なくとも 100 nm 以下とされていることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の近接場露光マスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、近接場光を用いて微細パターンを形成する近接場露光方法、及び近接場露光マスクに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体メモリの大容量化や CPU プロセッサの高速化・大集積化の進展とともに、光リソグラフィーのさらなる微細化は必要不可欠のものとなっている。一般に光リソグラフィー装置における微細加工限界は、用いる光の波長程度である。このため、光リソグラフィー装置に用いる光の短波長化が進み、現在は近紫外線レーザーが用いられ、0.1 μ m 程度の微細加工が可能となっている。

このように微細化が進む光リソグラフィーであるが、0.1 μ m 以下の微細加工を行なうためには、レーザーのさらなる短波長化、その波長域でのレンズ開発等解決しなければならない課題も多い。

【0003】

一方、光による 0.1 μ m 以下の微細加工を可能にする手段として、近接場光学顕微鏡（以下 SNOM と略す）の構成を用いた微細加工装置が提案されている。例えば、100 nm 以下の大きさの微小開口から滲み出る近接場光を用いてレ

ジストに対し、光波長限界を越える局所的な露光を行なう装置である。

【0004】

しかしながら、これらのSNOM構成のリソグラフィー装置では、いずれも1本（または数本）の加工プロープで一筆書きのように微細加工を行なっていく構成であるため、あまりスループットが向上しないという問題点を有していた。

このような問題点を解決する一つの方法として、例えば、特許文献1に示されているように、遮光膜に $0.1\mu\text{m}$ 以下の開口パターンを設けた光マスクに裏面から光を照射し、この開口パターンから滲み出る近接場光を用いて、光マスクのパターンをレジストに対して一括して転写する近接場マスクによる露光技術の提案がなされている。

【0005】

【特許文献1】特開平11-145051号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記特許文献1の近接場マスクによる露光方法においては、該マスクの開口パターンから滲み出る近接場光の分布は、出射側の開口の端部から全方向に広がるように分布するため、開口パターンと開口パターンとの間隔が近づくにつれ、隣接する開口パターンから滲み出た近接場光同士が重なり合い、露光分解能に限界を生じる可能性があった。

【0007】

そこで、本発明はこのような課題を解決し、近接場マスクによる露光に際して、マスクの隣接する開口から滲み出る近接場光同士が重なり合うことなく、高い分解能で露光することが可能となる近接場露光方法、及びコントラストをさらに向上させることが可能となる近接場露光マスクを提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下のように構成した近接場露光方法、及び近接場露光マスクを提供するものである。

すなわち、本発明の近接場露光方法は、開口が隣接して形成されている金属遮光膜の第一の面を、被露光物に対して近接場領域以下の距離まで近づけ、該金属遮光膜の第二の面側から露光のための光を照射して、露光を行う近接場露光方法において、

前記隣接する開口同士の間隔が露光のために照射される光の波長以下であって、前記隣接する開口のそれぞれを通して、前記第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波同士の干渉により、前記第一の面側近傍における前記隣接する開口間の略中間の位置に生じる光強度が略 0 の部分を利用して、露光を行うことを特徴とするものである。

また、本発明の近接場露光方法は、前記光強度が略 0 の部分を利用して行う露光を、該光強度が略 0 の部分と、前記第一の面側近傍であって前記開口近傍における光強度が有限値を持つ部分との、コントラストの違いに応じた光潜像を前記被露光物中に形成することによって行うようにすることができる。

本発明においては、以上の構成により、隣接する開口同士の間隔が光の波長以下まで近い場合であっても、隣接する開口から滲み出る近接場光同士が重なり合うことなく、露光分解能の低下を避けることが可能となる。

また、本発明の近接場露光方法は、前記光強度が略 0 の部分を利用して行う露光を、前記第一の面側の前記開口の端部において、前記隣接する開口のそれぞれを通して、前記第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減させるようにして行うことができる。このようにすることにより、前記第一の面側近傍における前記隣接する開口間の略中間の位置に生じる光強度が略 0 の部分の領域を該面の法線方向に広げ、コントラストをさらに向上させることが可能となる。

また、本発明の近接場露光方法は、前記被露光物の厚さは、その大きさが前記第一の面の法線方向の位置に対して、前記第一の面と被露光物の境界面側の近傍における前記隣接する開口間の略中間の位置に生じる光強度においてその強度が最大となる位置と、前記第一の面と被露光物の境界面との距離の大きさよりも、小さい厚さとされていることを特徴としている。

また、本発明の近接場露光マスクは、開口が隣接して形成されている金属遮光

膜の第一の面を、被露光物に対して近接場領域以下の距離まで近づけ、該金属遮光膜の第二の面側から該光を照射し、露光を行う際に用いる近接場露光マスクであって、前記隣接する開口同士の間隔が露光のために照射される光の波長以下であり、前記金属遮光膜は、前記第一の面側の前記開口の端部において、前記隣接する開口のそれぞれを通して、前記第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減させる開口を通して該第一の面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減するようにした構造を有していることを特徴としている。その際、前記第一の面側の前記開口の端部が、曲面形状とする構成を採ることができ、また金属遮光膜は、その表面の凹凸の大きさが少なくとも100nm以下とすることが望ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明の発明の実施の形態における近接場露光方法に用いる近接場露光マスクの構造およびその機能を図1を用いて説明する。

図1に近接場露光マスクの構成の詳細を示す。図1aはマスクのおもて面側から見た図、図1bは断面図である。

図1に示すように、近接場露光マスクは、0.1～100 μ mの膜厚の薄膜からなる露光波長の光に対して、透明なマスク母材101上に膜厚50～100nm程度の遮光膜を構成する金属薄膜102を設け、100nm以下の幅の微小開口パターン103を形成したものである。マスク母材101は、基板104に支持されている。

【0010】

マスク母材101の厚さが薄ければ、より弾性変形しやすく、レジストと基板表面のより細かな大きさの凹凸やうねりに対してまで、倣うように弾性変形することが可能であるため、より密着性が増すことになる。しかしながら、露光面積に対して薄過ぎると、マスクとしての強度が不足したり、密着・露光を行った後、剥離させる場合に、レジストと基板との間に作用する吸着力で破壊してしまったりすることとなる。

以上の機械的特性の観点からは、マスク母材101の厚さとしては、0.1～

100 μ m の範囲にあることが望ましい。

また、マスク母材 101 の材料としては、半導体プロセス等を用い、膜厚や面粗さ等、形状に対する精度の良い薄膜が作製可能で、薄膜化したときに面内横方向の歪みが少ないものが望ましい。この観点からは、 Si_3N_4 、 SiO_2 、 Si が好ましい。

【0011】

近接場マスク露光装置の構成及び動作の詳細について、図 2 を用いて説明する。

図 2 において、201 は本発明の露光用のマスクとして用いる近接場露光マスクである。近接場露光マスク 201 は、マスク母材 202、金属薄膜 203 から構成されている。マスク母材 202 上に金属薄膜 203 が設けられており、金属薄膜 203 には微小開口パターン 204 が形成されている。

近接場露光マスク 201 のおもて面（図 2 では下側）は圧力調整容器 205 の外側に、また裏面（図 2 では上側）は圧力調整容器 205 の内側に面するように配置されている。圧力調整容器 205 は内部の圧力を調整することができるようになっている。

【0012】

基板 206 の表面にレジスト 207 を形成したものを被露光物とする。レジスト 207 と基板 206 をステージ 208 上に取り付け、ステージ 208 を駆動することにより、近接場露光マスク 201 に対する基板 206 のマスク面内 2 次元方向の相対位置合わせを行う。次に、マスク面法線方向にステージ 208 を駆動し、近接場露光マスク 201 のおもて面と基板 206 上のレジスト 207 面との間隔が全面にわたって 100 nm 以下になるように両者を密着させる。

【0013】

次に、近接場露光マスクとレジストと基板の密着方法の詳細について説明する。

近接場露光マスク 201 のおもて面と基板 206 上のレジスト 207 面が共に完全に平坦であれば、全面にわたって両者を密着させることが可能である。しかしながら、実際には、マスク面やレジストと基板面に凹凸やうねりが存在するの

で、両者を近づけ、接触させただけでは、密着している部分と非密着部分が混在する状態になってしまう。

そこで、近接場露光マスク 201 の裏面からおもて面方向に向かって圧力を印加することにより、近接場露光マスク 201 に弾性変形による撓みを生じさせ、レジスト 207 と基板 206 へ押し付けるようにすることにより、全面にわたって密着させることができる。

【0014】

このような圧力を印加する方法の一例として、図 2 に示したように、近接場露光マスク 201 のおもて面を圧力調整容器 205 外側に面するように、裏面を圧力調整容器 205 内側に面するように配置させ、ポンプ等の圧力調整手段 213 を用いて、圧力調整容器内に高圧ガスを導入し、圧力調整容器 205 内が外気圧より高い圧力になるようにする。

他の例として、圧力調整容器 205 の内部を露光光 210 に対して透明な液体で満たし、シリンダーを用いて圧力調整容器 205 内部の液体の圧力を調整するようにしても良い。

【0015】

ここで、圧力を印加するに際しては、圧力調整手段 213 から圧力調整容器 205 内に高圧ガスを導入し、圧力調整容器 205 内の圧力を増大させ、近接場露光マスク 201 のおもて面と基板 206 上のレジスト 207 面とを全面にわたって均一な圧力で密着させる。

このような方法で圧力の印加を行うと、パスカルの原理により、近接場露光マスク 201 のおもて面と基板 206 上のレジスト 207 面との間に作用する斥力が均一になる。このため、近接場露光マスク 201 や基板 206 上のレジスト 207 面に対し、局所的に大きな力が加わったりすることがなく、近接場露光マスク 201 や基板 206、レジスト 207 が局所的に破壊されたりすることがなくなるという効果を有する。

【0016】

このとき、圧力調整容器 205 内の圧力を調整することにより、近接場露光マスク 201 とレジスト 207 と基板 206 との間に働かせる押し付け力、すなわ

ち、両者の密着力を制御することができる。例えば、マスク面やレジストと基板面の凹凸やうねりがやや大きいときには、圧力調整容器内の圧力を高めに設定することにより、密着力を増大させ、凹凸やうねりによるマスク面とレジストと基板面との間の間隔ばらつきをなくすようにすることができる。

【0017】

ここでは、近接場露光マスクとレジスト／基板を密着させるために、近接場露光マスクの裏面を加圧容器内に配置し、加圧容器内より低い外気圧との圧力差により、近接場露光マスクの裏面側からおもて面側に圧力が加わるようにした例を示したが、逆の構成として、近接場露光マスクのおもて面およびレジストと基板を減圧容器内に配置し、減圧容器内より高い外気圧との圧力差により、近接場露光マスクの裏面側からおもて面側に圧力が加わるようにしても良い。いずれにしても、近接場露光マスクのおもて面側に比べ、裏面側が高い圧力となるような圧力差を設けるようにすれば良い。

【0018】

さて、上記のようにして、近接場光露光用マスク201とレジスト207面とを近接場領域まで密着させた後、露光光源209から出射される露光光210をコリメーターレンズ211で平行光にした後、ガラス窓212を通し、圧力調整容器205内に導入し、近接場光露光用マスク201に対して裏面（図2では上側）から照射し、近接場光露光用マスク201おもて面のマスク母材202上の金属薄膜203に形成された微小開口パターン204から滲み出す近接場光でレジスト207の露光を行う。

【0019】

ここで、レジスト207の材料としては、通常の半導体プロセスに用いられるフォトリソ材料を選択すれば良い。これらのレジスト材料に対して露光可能な光波長はおおむね200～500nmの範囲にあるが、特に350～450nmの範囲にあるg線・i線対応のフォトリソ材料を選択すれば、種類も多く、比較的安価であるため、プロセス自由度も高く、コストが低減できる。

【0020】

これらのフォトリソ材料には、それぞれ膜厚や露光波長に対応した露光感度E

t_h (=露光に関するしきい値)が存在し、露光感度 E_{th} 以上の光量を照射することによって、露光が行われる。本発明の近接場光露光装置では、後に詳述するように、レジスト膜厚が 100 nm 以下であることが望ましく、これらのフォトレジストを膜厚 100 nm 以下で用いる場合の露光感度 E_{th} は、おおむね $5\sim 50\text{ mJ/cm}^2$ の範囲にある。

【0021】

露光光源209としては、用いるレジスト207を露光可能な波長の光を照射するものを用いる必要がある。例えば、レジスト207として、前述の g 線・ i 線対応のフォトレジストを選択した場合、露光光源209として、 HeCd レーザー(光波長: 325 nm , 442 nm)、 GaN 系の青色半導体レーザー(同: $\sim 410\text{ nm}$)や、赤外光レーザーの第2高調波(SHG)レーザーや第3高調波(THG)レーザー、水銀ランプ(g 線: 436 nm , i 線: 365 nm)を用いれば良い。

【0022】

露光光源209の駆動電圧・電流及び照射時間を調節することにより、露光光量の調節を行う。例えば、ビーム径 1 mm 、光出力 100 mW の HeCd レーザーのビームをビーム・エクステンダーやコリメーターレンズを用いて、 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ の領域に拡大した場合、単位面積あたりの光パワーは 1 mW/cm^2 となる。この光をレジスト表面に 10 秒照射すると、レジストの露光光量は 10 mJ/cm^2 となり、この値が前述のレジストの露光感度 E_{th} を越えている場合、露光が行われる。実際は、近接場露光マスクを間に挟んだ状態で、光照射が行われるので、マスクの透過率を考慮した光パワーの調整が必要である。

【0023】

ここで、図3を用い、近接場光による露光の原理を説明する。

図3において、近接場光露光用マスク301を構成するマスク母材302に入射した入射光303は、金属薄膜304に形成された微小開口パターン305を照射する。ここで、微小開口パターン305の大きさ(幅)は、入射光303の波長に比べて小さく、 100 nm 以下である。

通常、光は波長より小さい大きさの開口をほとんど透過しないが、開口の近傍

には近接場光 306 と呼ばれる光がわずかに滲み出している。この光は、開口から約 100 nm の距離以下の近傍にのみ存在する非伝搬光であり、開口から離れるとその強度が急激に減少する性質のものである。

【0024】

そこで、この近接場光 306 が滲み出している微小開口パターン 305 に対して、基板 307 上に形成したレジスト 308 表面を 100 nm 以下の距離にまで近づける。すると、この近接場光 306 がレジスト 308 中で散乱されて伝搬光に変換され、レジスト 308 を露光する。

ここで、金属薄膜 304 の厚さを 100 nm 程度とすれば、入射光 303 が金属薄膜 304 の微小開口パターン 305 形成部分以外の部分を透過する直接透過光をほぼ 100% 遮光することができ、微小開口パターン 305 形成部分に対向する部分以外のレジスト 308 表面が露光することを防止することができる。

【0025】

しかしながら、さらに線幅の小さいパターンを形成するためには、微小開口パターン 305 の開口幅を小さく、すなわち、微小開口パターン 305 のアスペクト比（＝金属薄膜 304 の膜厚／微小開口パターン 305 の開口幅）を大きくする必要がある。

【0026】

本実施の形態で説明したような微小開口パターン 305 から滲み出る近接場光 306 を用いた露光方式では、微小開口パターン 305 の開口幅が小さくなるにつれ、近接場光 306 の光量が減少する。また、同じ開口幅であっても、金属薄膜 304 の膜厚が大きいほど、近接場光 306 の光量が減少する。これは、光波長より小さい幅の通り路の長さが長いほど近接場光が滲み出しにくいことによる。これらの理由から、微小開口パターン 305 の開口幅を小さくする場合、露光時間を増大させる。

【0027】

レジスト 308 膜厚が十分に薄ければ、レジスト 308 中で近接場光の散乱は面内（横）方向にあまり広がることなく、入射光 303 の波長より小さい大きさの微小開口パターン 305 に応じた微小パターンの潜像をレジストに形成・転写

することができる。

このように近接場光による露光を行なった後は、通常のプロセスを用いて基板 307 の加工を行う。例えば、レジストを現像した後、エッチングを行うことにより、基板 307 に対して上述の微小開口パターン 305 に応じた微小パターンを形成する。

【0028】

つぎに、図 5 を用いて、本発明の近接場露光方法の原理について、詳細に説明する。開口から滲み出る近接場光の分布は、出射側の開口の端部から全方向に広がるように分布するため、隣接する開口間の距離が小さい場合、開口から滲み出す近接場光の横方向の広がりにより、隣接する開口パターンから滲み出た近接場光同士が重なり合い、露光の分解能が低下する。

しかしながら、発明者らが詳細な光電場解析に基づき発見した知見によれば、図 5 において、近接場露光マスク 501 に露光用の入射光 502 が入射すると、マスク母材 503 と金属遮光膜 504 の境界面である第二の面 505 において、入射光 502 が開口 506、507 の入射側端部 508、509 を照射することにより、表面プラズモンポラリトン波（以下、SPP 波と記す。）510、511 を生じさせる。

【0029】

この SPP 波は、金属遮光膜の開口内部の表面を表面に垂直な方向に電荷の振動が生じる横波として伝搬し、出射側開口端部 512、513 で一部が散乱されて伝搬光となり、残りは、図 5 の点線の矢印で示すようにレジスト 517 と金属遮光膜 504 の境界面である第一の面 514 側に回り込み、その表面を伝搬する。このとき、左側の開口 506 から回り込む SPP 波 510 と右側の開口 507 から回り込む SPP 波 511 とは、互いに振動方向が逆（＝位相が逆）となるため、第一の面の開口の略中間の位置で互いに干渉する結果、図 5 の点線で領域を示すように光強度が略 0 になる部分 515 を生じる。この光強度が略 0 になる部分 515 は、開口間隔が小さくなくても、図中、開口に近づく方向に領域が小さくなるものの、第一の面の開口の略中間の位置に必ず存在する。

したがって、第一の面の開口近傍の光強度が有限値を持つ部分 516 と上記の

光強度が略 0 になる部分 515 との光強度のコントラストの違いに応じた光潜像をレジスト 517 中に形成することにより、隣接する開口の間隔が小さくとも露光の分解能を向上させることが可能となる。ここで、基板 518 は、上記のようにレジスト 517 に形成したパターンが転写される基板である。

【0030】

開口部分 ($A-A'$, $C-C'$) と開口の略中間位置 ($B-B'$) での光強度の金属薄膜の第一の面からの距離 z に対する関係を、図 6 のグラフに示す。

$A-A'$ や $C-C'$ の開口部分では、 $z=0$ 、すなわち第一の面から離れるにしたがって、光強度は単調減少に減衰する。これは、近接場光が開口から離れるにつれて、急激に減衰する性質を持つことと、近接場光、及び開口の出射端部で散乱され変換された伝搬光がレジスト中で吸収されることにより、強度が減衰することによる。

一方、 $B-B'$ の開口の略中間位置では、 $z=0$ 、すなわち第一の面から離れるにしたがって、光強度は 0 からいったん増大し、最大値を経た後、減衰していく。

【0031】

レジストへの光潜像形成において、光照射部と非照射部の光強度の差、すなわちコントラストを大きく取ることにより、形成パターンのエッジ部分を急峻にすることができる。開口部分と開口の略中間部分とを比べて、もっともコントラストが大きくなるのは、 $z=0$ 、すなわち第一の面上である。

一方、後工程のプロセス余裕度を大きく取ろうとすると、レジストの膜厚は、なるべく大きい値とする必要がある。これらのことから、本発明の近接場露光方法の原理によれば、レジスト膜厚の値としては、図 6 のグラフにおいて、 $B-B'$ の曲線が最大となる z の値、 z_1 よりも小さい値を選択すれば良いことが分かる。

【0032】

SPP 波は、伝搬する表面は凹凸を有していると散乱されてすぐに減衰するのに対し、伝搬する表面が滑らかであると、散乱されず遠距離まで伝搬する。

そこで、図 7 に示すように、金属遮光膜 706 における開口の出射側端部 701

、702を尖っていない曲面状の構造とすると、出射側端部でのSPP波703、704の散乱が低減する。これによって、出射側端部での散乱による伝搬光への変換成分が低減され、金属遮光膜706の第一の面707側に回り込み、その表面を伝搬するSPP波703、704の成分を増加させる。この結果、第一の面近傍かつ該隣接する開口の略中間の位置に生じる光強度が略0の部分705の領域を該第一の面707の法線方向に広げることになり、コントラストを向上させることができる。

【0033】

このとき、図7に示した開口の略中間位置D-D'での光強度の金属薄膜の第一の面からの距離 z に対する関係を図6のグラフのD-D'の曲線に示す。B-B'の曲線に比べ、D-D'の曲線では最大値を取る z の値が z_1 よりも大きい z_2 にずれる様子を示す。この場合は、レジスト膜厚の値としては、図6のグラフにおいて、D-D'の曲線が最大となる z の値、 z_2 よりも小さい値を選択すれば良い。

【0034】

さて、近接場露光終了後における近接場露光マスクとレジストと基板の剥離に関しては以下のように行う。

図2において、圧力調整手段213を用い、圧力調整容器205内の圧力を外気圧より小さくし、基板206上のレジスト207面から近接場露光マスク201上の金属薄膜203面を剥離させる。

また、このような方法で圧力の減圧を行い、レジスト207と基板206からの近接場露光マスク201の剥離を行う場合、パスカルの原理により、近接場露光マスク201のおもて面と基板206上のレジスト207面との間に作用する引力が均一になる。このため、近接場露光マスク201や基板206上のレジスト207面に対し、局所的に大きな力が加わったりすることがなく、近接場露光マスク201や基板206、レジスト207が剥離時に局所的に破壊されたりすることともなくなるという効果を有する。

【0035】

このとき、圧力調整容器205内の圧力を調整することにより、近接場露光マ

スク 201 とレジスト 207 と基板 206 との間に働く引力、すなわち、両者の引っ張り力を制御することができる。例えば、マスク面とレジストと基板面との間の吸着力が大きいときには、圧力調整容器内の圧力をより低めに設定することにより、引っ張り力を増大させ、剥離しやすくすることができる。

前述したように、密着時の圧力印加の装置構成において、図 2 とは逆の構成として、近接場露光マスクのおもて面およびレジストと基板を減圧容器内に配置し、減圧容器内より高い外気圧との圧力差により、近接場露光マスクの裏面側からおもて面側に圧力が加わるようにした場合は、剥離時には、容器内を外気圧より高い圧力にすればよい。

いずれにしても、剥離時には、近接場露光マスクのおもて面側に比べ、裏面側が低い圧力となるような圧力差を設けるようにすれば良い。

【0036】

つぎに、本実施の形態における近接場露光マスク作製方法の詳細について、図 4 を用いて説明する。

図 4 a に示すように、両面研磨された厚さ $500\ \mu\text{m}$ の Si (100) 基板 401 に対し、LP-CVD 法を用い、表面 (図 4 中では上面) ・裏面 (図 4 中では下面) にそれぞれ、膜厚 $2\ \mu\text{m}$ のマスク母材用の Si_3N_4 膜 402 ・エッチング窓用の Si_3N_4 膜 403 を成膜する。その後、水晶振動子による膜厚モニターにより制御を行いながら、微小開口パターンを形成するための金属薄膜として、蒸着法により表面の Si_3N_4 膜 402 上に Cr 薄膜 404 を膜厚が $50\ \text{nm}$ となるように成膜する。

【0037】

次に、表面に電子線用のレジスト 405 を塗布し、電子線ビーム 406 で $10\ \text{nm}$ 幅の描画パターン 407 を形成し (図 4 b)、現像を行った後、ドライエッチングを行い、Cr 薄膜 404 に微小開口パターン 408 を形成する (図 4 c)。

続いて、裏面の Si_3N_4 膜 403 にエッチング用の窓 409 を形成し (図 4 c)、Si 基板 401 に対し、KOH を用いて裏面から異方性エッチングを行い、薄膜状のマスク 410 を形成する (図 4 d)。

最後に、マスク支持部材 411 に接着し、近接場露光マスクとする (図 4 e)。

【0038】

本実施の形態では、Cr 薄膜 404 に対する微小開口パターン 408 形成工程に、電子線による加工法を用いた例を示したが、電子線加工以外にも集束イオンビーム加工法、X 線リソグラフィ法、走査型プローブ顕微鏡 (SPM) 加工法を用いても良い。なかでも走査型トンネル顕微鏡 (STM) や原子間力顕微鏡 (AFM)、近接場光学顕微鏡 (SNOM) に代表される SPM 技術を応用した加工法を用いて微小開口パターン形成を行えば、10 nm 以下の極微小開口パターン形成が可能であるため、これも本発明に極めて適した加工法である。

【0039】

本実施の形態では、マスク母材を薄膜化し、弾性変形させることにより、レジスト面形状に対してならわせ、マスク全面をレジスト面に密着させる例を示した。

また、レジストと基板に密着する側の金属薄膜 402 表面が平坦でないと、マスクとレジストと基板がうまく密着せず、結果として露光むらを生じてしまう。このため、金属薄膜 402 表面の凹凸の大きさは、少なくとも 100 nm 以下、望ましくは 10 nm 以下という極めて平坦なものである必要がある。

【0040】

ここで、微小開口パターンの幅は露光に用いる光の波長より小さく、レジストに対して行う所望のパターン露光幅とする。具体的には、1 ~ 100 nm の範囲から選択することが好ましい。微小開口パターンが 100 nm 以上の場合は、本発明の目的とする近接場光ばかりでなく、強度的により大きな直接伝搬光もマスクを透過するようになるため、この直接伝搬光の影響も考慮する必要がある。なお、微小開口パターンの幅は 100 nm 以下である必要があるが、長手方向の長さに関しては制限はなく、自由なパターンを選択することができる。例えば、図 1 a に示したようなカギ型パターンでも良いし、(図示しないが、) S 字パターンでも良い。

【0041】

本実施の形態の近接場光露光装置に適用する被加工用の基板 206 として、S

i、GaAs、InP等の半導体基板や、ガラス、石英、BN等絶縁性基板、それらの基板上に金属や酸化物、窒化物等を成膜したものなど広く用いることができる。

ただし、本実施の形態の近接場光露光装置では、近接場光露光用マスク201とレジスト207と基板206とを露光領域全域にわたって、少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下の間隔になるよう密着させることが重要である。したがって、基板としては、なるべく平坦なものを選択する必要がある。

【0042】

同様に、本実施の形態で用いるレジスト207も表面の凹凸が小さく平坦である必要がある。また、近接場露光マスク201から滲み出た光は、マスクから距離が遠ざかるにつれて指数関数的に減衰するため、レジスト207に対して100nm以上の深いところまで露光しにくいこと、及び、散乱されるようにレジスト中に広がり、露光パターン幅を広げることになることを考慮すると、レジスト207の厚さは、少なくとも100nm以下で、さらにできるだけ薄い必要がある。

以上から、レジスト材料・コーティング方法として、少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下の膜厚であって、かつ、レジスト表面の凹凸の大きさが少なくとも100nm以下、望ましくは10nm以下という極めて平坦なものであるような材料・コーティング方法を用いる必要がある。

【0043】

このような条件をみたすものとして、レジスト材料をなるべく粘性が低くなるように溶媒に溶かし、スピコートで極めて薄くかつ均一厚さになるようコーティングしてもよい。

また、他のレジスト材料コーティング方法として、一分子中に疎水基、親水基官能基を有する両親媒性レジスト材料分子を水面上に並べた単分子膜を所定の回数、基板上にすくい取ることにより、基板上に単分子膜の累積膜を形成するLB (Langmuir Blodgett) 法を用いても良い。

また、溶液中や気相中で、基板に対して、一分子層だけ物理吸着あるいは化学結合することにより基板上に光レジスト材料の単分子膜を形成する自己配向単分子膜

(Self Assemble Monolayer) 形成法を用いても良い。

【0044】

これらのコーティング方法のうち、後者のLB法やSAM形成法は極めて薄いレジスト膜を均一な厚さで、しかも表面の平坦性よく形成することができるため、本発明の近接場光露光装置にきわめて適したレジスト材料のコーティング方法である。

【0045】

近接場露光においては、露光領域全面にわたり近接場露光マスク201とレジスト207と基板206の間隔が100nm以下でしかもばらつきなく一定に保たれている必要がある。

このため、近接場露光に用いる基板としては、他のリソグラフィープロセスを経て、すでに凹凸を有するパターンが形成され、基板表面に100nm以上の凹凸があるものは好ましくない。

したがって、近接場露光には、他のプロセスをあまり経ていない、プロセスの初期の段階のできるだけ平坦な基板が望ましい。したがって、近接場露光プロセスと他のリソグラフィープロセスを組み合わせる場合も、近接場露光プロセスをできるだけ、初めに行うようにするのが望ましい。

【0046】

また、図3において、近接場露光マスク上の微小開口パターン305から滲み出す近接場光306の強度は、微小開口パターン305の大きさや間隔によって異なるので、微小開口の大きさがまちまちであると、レジスト308に対する露光の程度にばらつきが生じてしまい、均一なパターン形成が難しくなる。そこで、これを避けるために、一回の近接場光露光プロセスで用いる近接場露光マスク上の微小開口パターンの幅を調整する必要がある。

【0047】

以上の説明では、基板全面に対応する近接場露光マスクを用い、基板全面に一括で近接場露光を行う装置について説明を行った。本発明の概念はこれに限定されるものでなく、基板より小さな近接場露光マスクを用い、基板の一部に対する近接場露光を行うことを基板上の露光位置を変えて繰り返し行うステップ・ア

ンド・リピート方式の装置としても良い。

【0048】

【発明の効果】

本発明によれば、隣接する開口同士の間隔が光の波長以下まで近い場合であっても、マスクの隣接する開口から滲み出る近接場光同士が重なり合うことなく、高い分解能で露光することが可能となる近接場露光方法を実現することができる。また、マスクの被露光物に対して近接させる面側に位置する開口端部を、表面プラズモンポラリトン波の散乱を低減させるように構成することで、コントラストをさらに向上させることが可能となる近接場露光マスクを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

近接場露光マスクの構成を示す図。

【図2】

近接場マスク露光装置の構成及び動作を説明する図。

【図3】

近接場露光の原理を説明する図。

【図4】

近接場露光マスクの作製方法を示す図。

【図5】

本発明の近接場露光方法の原理を説明する図。

【図6】

光強度の金属薄膜の第一の面からの距離 z に対する関係のグラフを示す図。

【図7】

曲面状の構造の出射側端部を有する開口における SPP 波の散乱の低減を示す図。

【符号の説明】

101：マスク母材

102：金属薄膜

103：微小開口パターン
104：基板
201：近接場露光マスク
202：マスク母材
203：金属薄膜
204：微小開口パターン
205：圧力調整容器
206：基板
207：レジスト
208：ステージ
209：露光光源
210：露光光
211：コリメーターレンズ
212：ガラス窓
213：圧力調整手段
301：近接場露光マスク
302：マスク母材
303：入射光
304：金属薄膜
305：微小開口パターン
306：近接場光
307：基板
308：レジスト
401：Si 基板
402：Si₃N₄薄膜
403：Si₃N₄薄膜
404：Cr 薄膜
405：電子線レジスト
406：電子線ビーム

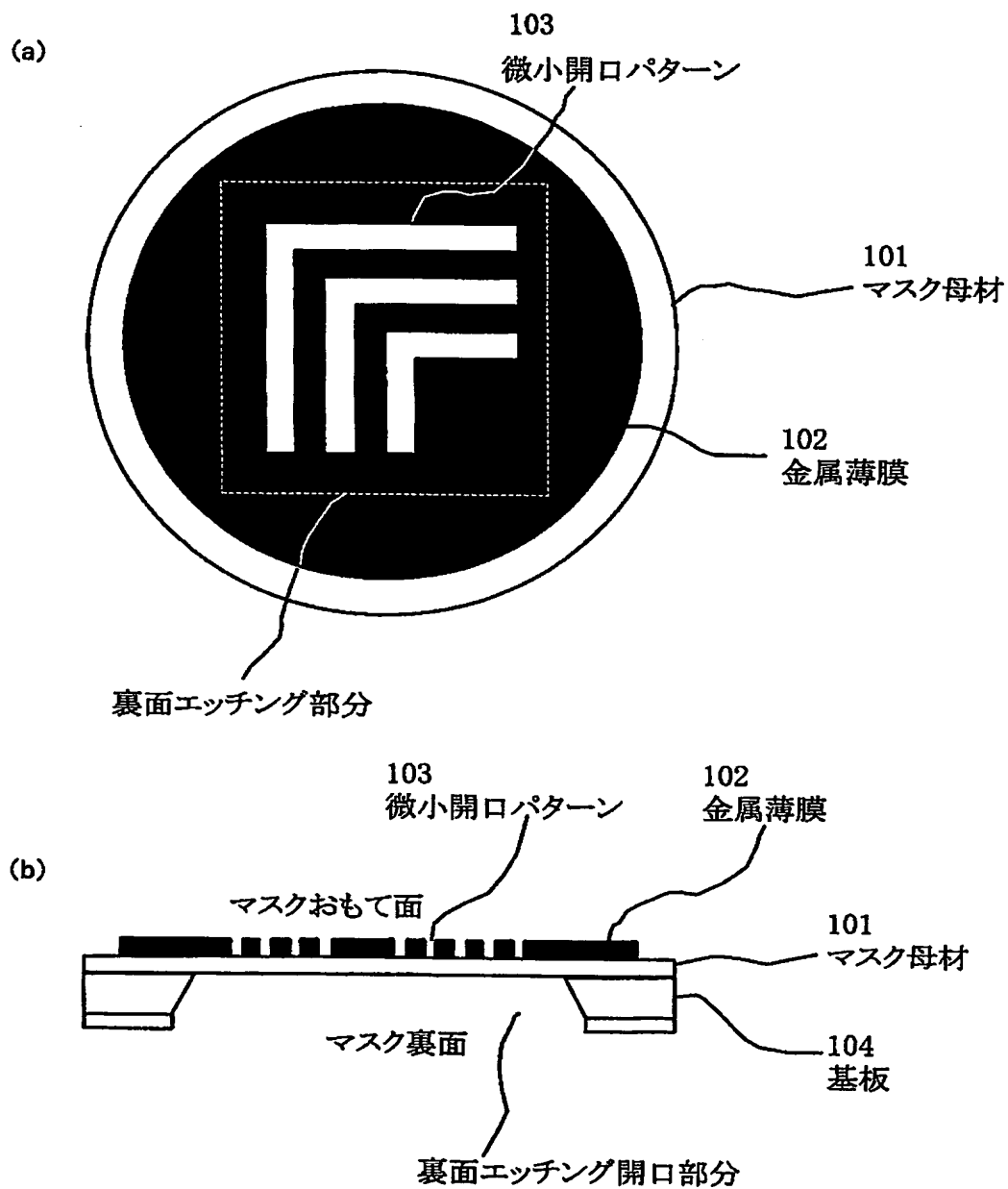
4 0 7 : 描画パターン
4 0 8 : 微小開口パターン
4 0 9 : エッチング用の窓
4 1 0 : 薄膜状のマスク
4 1 1 : マスク支持部材
5 0 1 : 近接場露光マスク
5 0 2 : 入射光
5 0 3 : マスク母材
5 0 4 : 金属遮光膜
5 0 5 : 第二の面
5 0 6 : 開口 (左)
5 0 7 : 開口 (右)
5 0 8 : 入射側端部 (左)
5 0 9 : 入射側端部 (右)
5 1 0 : S P P 波 (左)
5 1 1 : S P P 波 (右)
5 1 2 : 出射側端部 (左)
5 1 3 : 出射側端部 (右)
5 1 4 : 第一の面
5 1 5 : 光強度が略 0 になる部分
5 1 6 : 光強度が有限値を持つ部分
5 1 7 : レジスト
5 1 8 : 基板
7 0 1 : 出射側端部 (左)
7 0 2 : 出射側端部 (右)
7 0 3 : S P P 波 (左)
7 0 4 : S P P 波 (右)
7 0 5 : 光強度が略 0 になる部分
7 0 6 : 金属遮光膜

707：第一の面

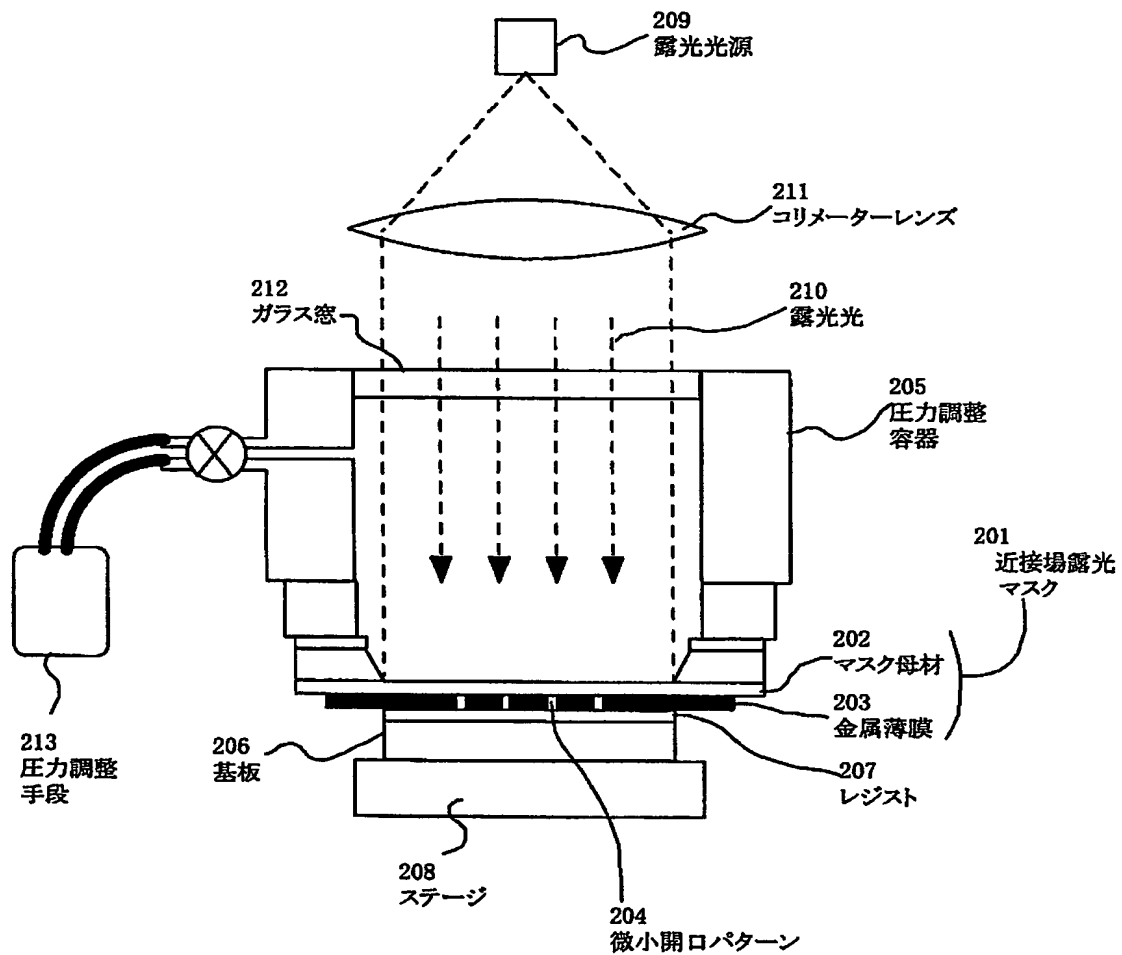
【書類名】

図面

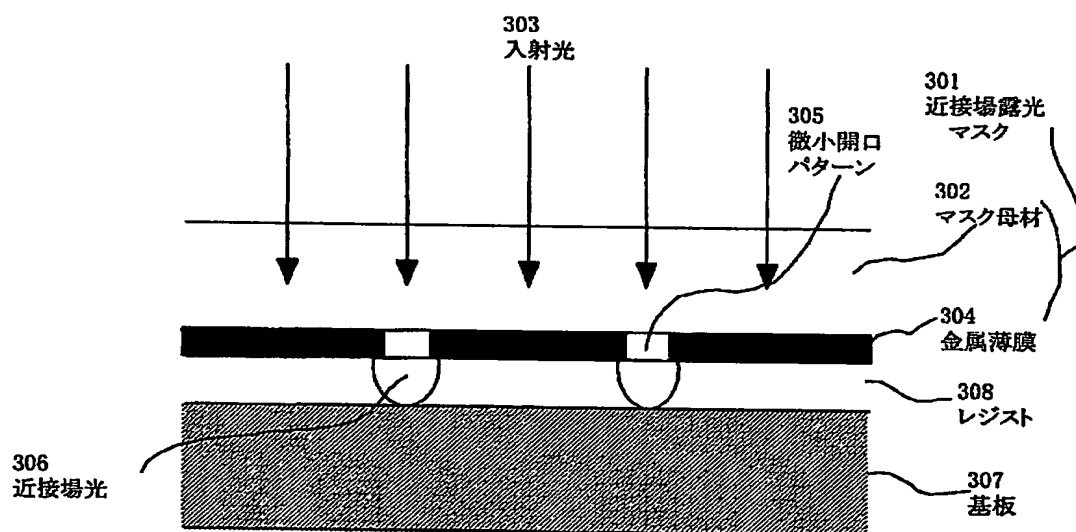
【図 1】



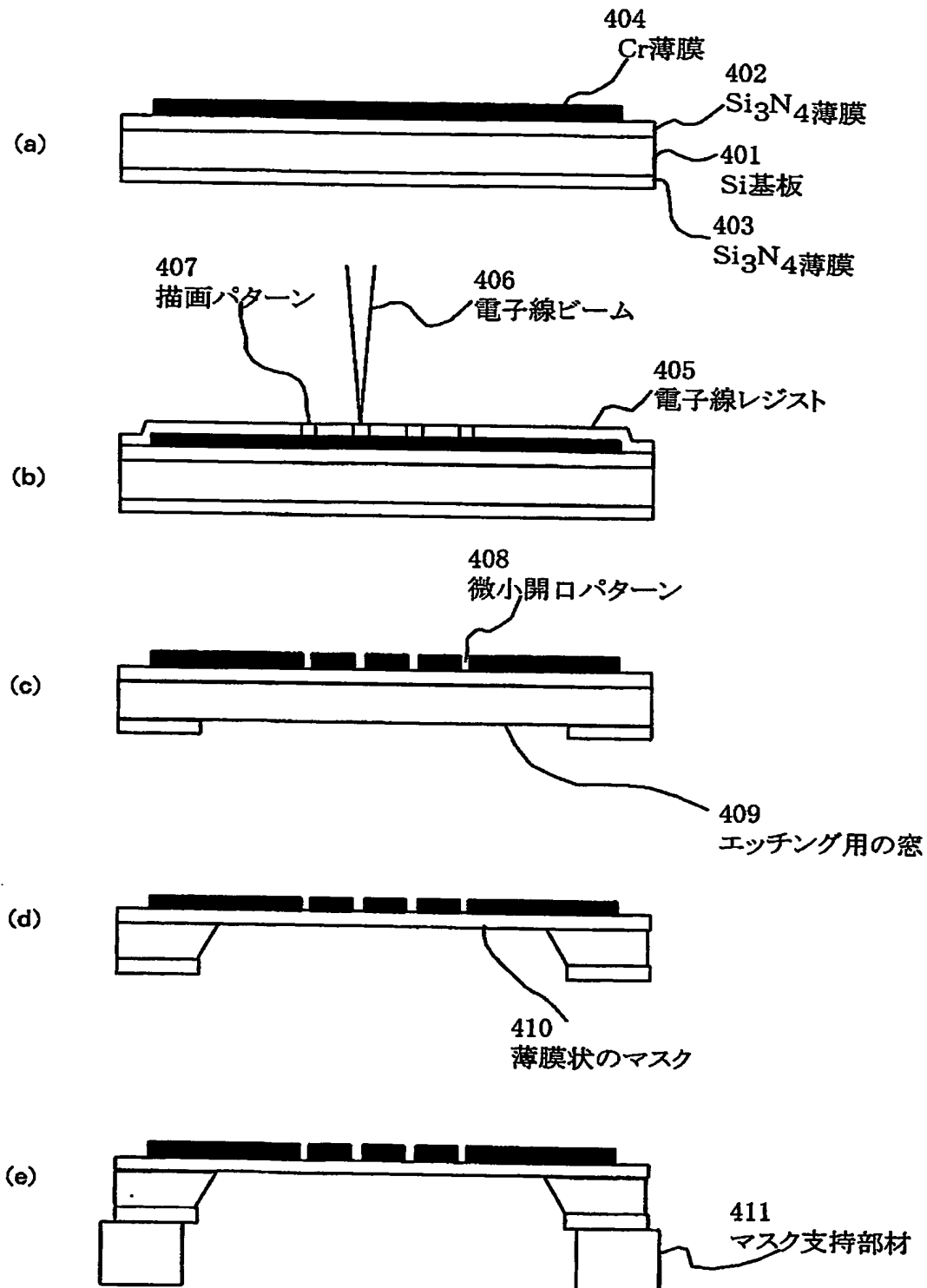
【図 2】



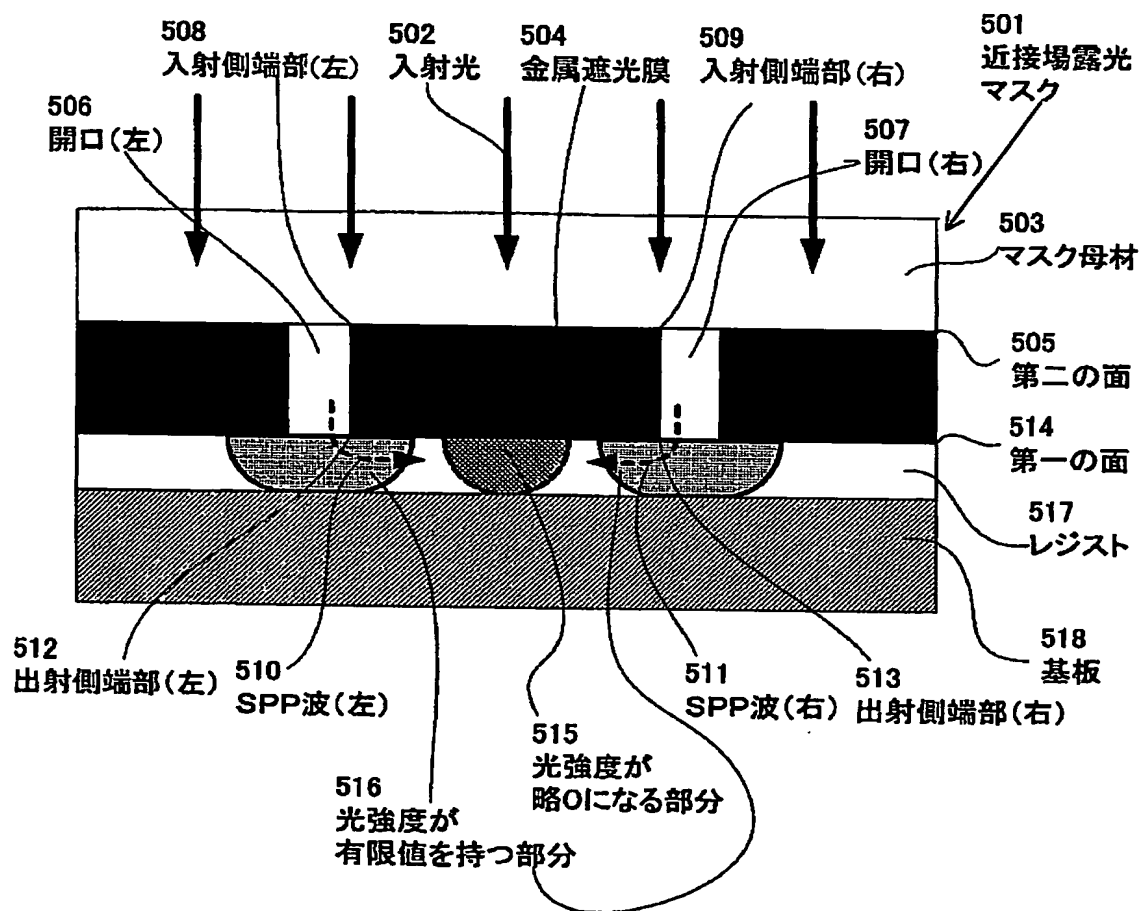
【図 3】



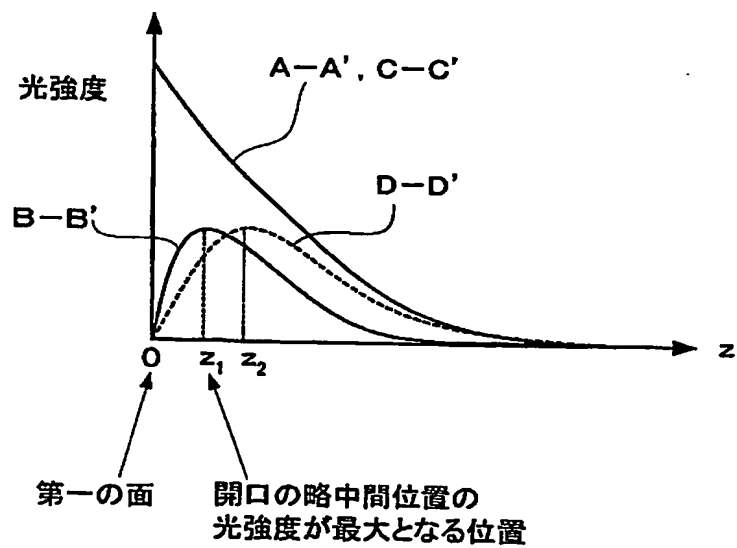
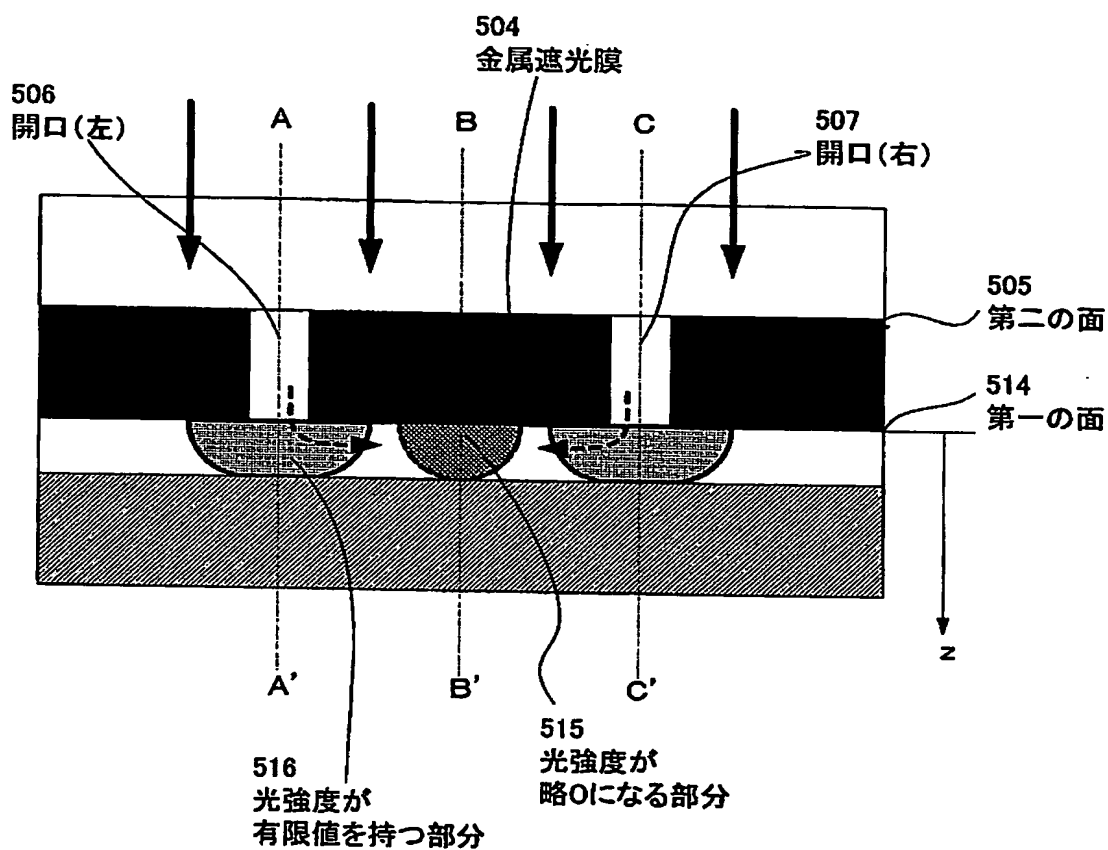
【図 4】



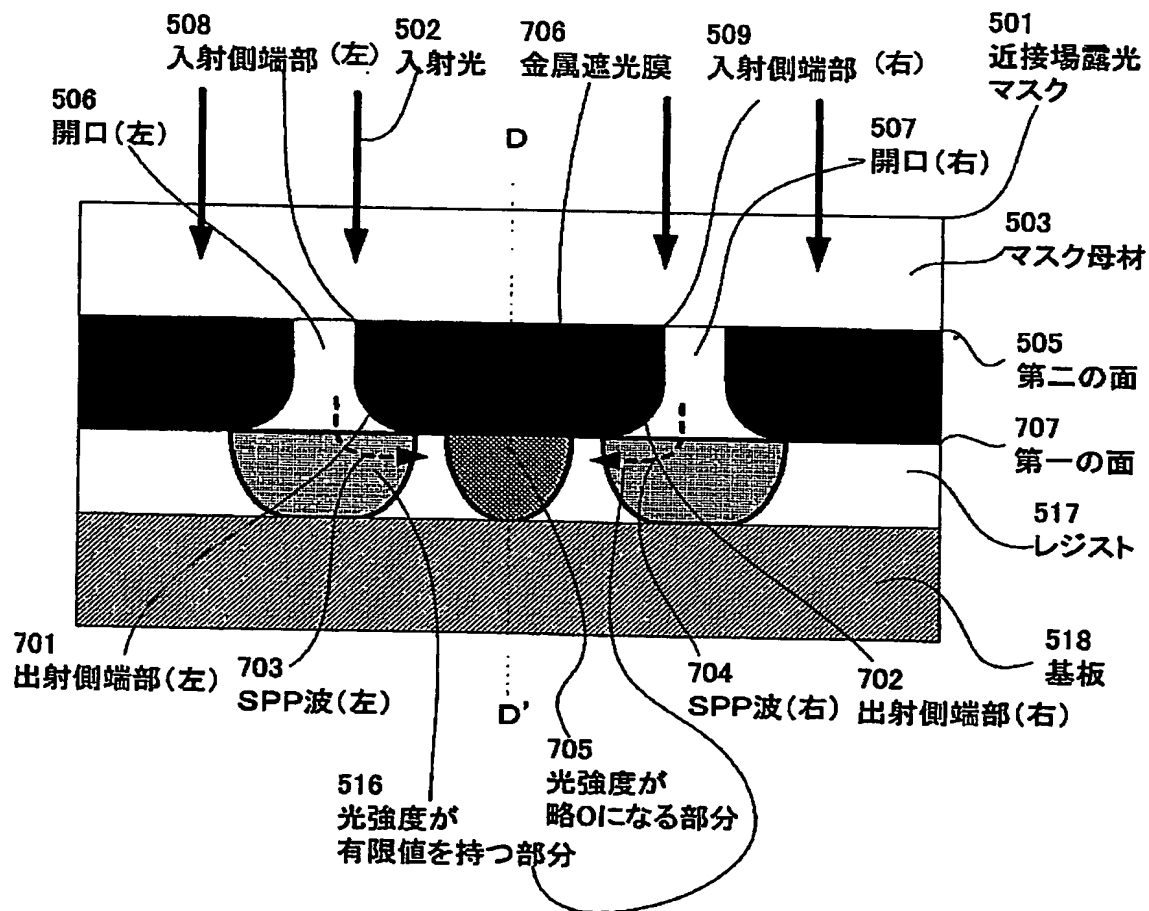
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】

要約書

【要約】

【課題】 近接場マスクによる露光に際して、マスクの隣接する開口から滲み出る近接場光同士が重なり合うことなく、高い分解能で露光することが可能となる近接場露光方法、及びコントラストをさらに向上させることが可能となる近接場露光マスクを提供すること。

【解決手段】 近接場露光方法または近接場露光マスク 501 において、隣接する開口同士の間隔が露光のために照射される光の波長以下である開口 506、507 のそれぞれを通して、マスクの被露光物 517（レジスト）に対して近接させる面側に回り込む表面プラズモンポラリトン波同士の干渉により、前記面側近傍における前記隣接する開口間の略中間の位置に生じる光強度が略 0 の部分 515 を利用して、露光を行うように構成する。

【選択図】

図 5

特願 2 0 0 3 - 1 7 9 5 8 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キヤノン株式会社